

0941.66127

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Yoshida et al.

Serial No.

Filed: January 25, 2002

For: RESONANCE-FREQUENCY  
MEASURING METHOD  
DETERMINING A RESONANCE  
FREQUENCY BY COUNTING THE  
NUMBER OF OFF-TRACK  
OCCURRENCES

Art Unit:

I hereby certify that this paper is being deposited with the  
United States Postal Service as EXPRESS MAIL in an  
envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents,  
Washington, D.C. 20231, on this date.

1/25/02  
Date

Express Mail No. EL846223125US

1017 U.S. PTO  
10/056865  
01/25/02  
Hd  
4/17/02  
m. Kuehn

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

Applicants claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the  
basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2001-278612, filed September 13, 2001

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By



Patrick G. Burns  
Registration No. 29,367

January 25, 2002

300 South Wacker Drive  
Suite 2500  
Chicago, Illinois 60606  
Telephone: 312.360.0080  
Facsimile: 312.360.9315

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this office.

Date of Application: September 13, 2001

Application Number: Japanese Patent Application  
No. 2001-278612

Applicant(s) FUJITSU LIMITED



November 26, 2001

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo Oikawa (Seal)

Certificate No.2001-3103873

0941.66127  
312.360.0080

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

J1017 U.S. PTO  
10/056865  
01/25/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 9月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-278612

出 願 人

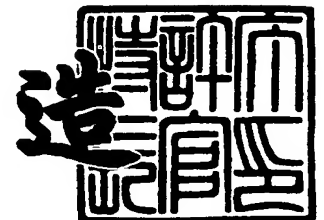
Applicant(s):

富士通株式会社

2001年11月26日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3103873

【書類名】 特許願

【整理番号】 0151230

【提出日】 平成13年 9月13日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G11B 20/00

【発明の名称】 情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法、及び、情報記録及び／又は再生装置並びにフィルタ

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 吉田 晋

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 橋本 修一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 久保原 隆樹

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 小杉 辰彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 原 武生

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 香美 義幸

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100070150

【住所又は居所】 東京都渋谷区恵比寿4丁目20番3号 恵比寿ガーデンプレイスタワー32階

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊東 忠彦

【電話番号】 03-5424-2511

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002989

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704678

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法、及び、情報記録及び／又は再生装置並びにフィルタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 機構部を駆動して媒体に記録された情報を再生する情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法において、

異なる周波数の正弦波振動を順次に前記機構に加えて、周波数毎に再生した情報が目標とする位置の情報と異なる回数を計数する測定手順と、

前記測定手段で測定された計数結果に基づいて共振周波数を決定する共振周波数決定手段とを有することを特徴とする情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法。

【請求項 2】 媒体に記録された情報を追従させるための機構部と、前記機構を駆動するための駆動部と、前記駆動部を制御する制御信号から不要成分を除去するフィルタとを有する情報記録及び／又は再生装置において、

異なる周波数の正弦波振動を順次に前記機構部に加えて、周波数毎に再生した情報が目標とする位置の情報と異なる回数を計数する測定手段と、

前記測定手段で測定された計数結果に基づいて共振周波数を決定する共振周波数決定手段と、

前記共振周波数決定手段で決定された共振周波数がカットオフ周波数となるようにフィルタ特性を調整するフィルタ調整手段とを有することを特徴とする情報記録及び／又は再生装置。

【請求項 3】 前記測定手段は、前記制御信号に順次異なる周波数の正弦波信号を加えることにより、前記機構部に前記正弦波振動を加えることを特徴とする請求項 4 記載の情報記録及び／又は再生装置。

【請求項 4】 異なる周波数特性の複数のノッチフィルタを組み合わせることで所望のノッチフィルタ特性を取得することを特徴とするフィルタ。

【請求項 5】 前記複数のノッチフィルタは、カットオフ周波数が第 1 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数の前後でゲインの変化が略対称となるように設定された第 1 のノッチフィルタと、

カットオフ周波数が前記第 1 の周波数より小さい第 2 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数より小さい周波数側のゲインの変化量及び最大値が該カットオフ周波数より大きい周波数側のゲインの変化量及び最大値より小さく設定された第 2 のノッチフィルタと、

カットオフ周波数が前記第 1 の周波数より大きい第 3 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数より小さい周波数側のゲインの変化量及び最大値が該カットオフ周波数より大きい周波数側のゲインの変化量及び最大値より大きく設定された第 3 のノッチフィルタとを含むことを特徴とする請求項 4 記載のフィルタ

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法、及び、情報記録及び／又は再生装置、並びに、フィルタに係り、特に、機構部により駆動されて情報の記録及び／又は再生を行う情報記録及び／又は再生装置の機構部の共振周波数を測定するための情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法、及び、情報記録及び／又は再生装置、並びに、フィルタに関する。

【 0 0 0 2 】

ハードディスクドライブなどの情報記録及び／又は再生装置には、高記録密度化、高速化が要求されている。これに伴い、機構部の共振によるヘッドの振動が問題になっている。このため、機構部の共振成分を抑圧するために装置にヘッドを駆動するための信号から共振成分を除去するためのノッチフィルタが内蔵されている。機構部の共振周波数は装置毎に異なるため、装置毎に共振周波数を測定してノッチフィルタのカットオフ周波数を設定する必要がある。装置毎にノッチフィルタのカットオフ周波数を設定する必要から、効率よく共振周波数を測定する方法が望まれていた。

【 0 0 0 3 】

【従来の技術】

まず、ハードディスクドライブを図面とともに説明する。

【0004】

図1はハードディスクドライブの構成図、図2はハードディスクドライブのブロック構成図を示す。

【0005】

ハードディスクドライブ1は、主に、ディスクエンクロージャ11及び回路基板12を含む構成とされている。ディスクエンクロージャ11には、磁気ディスク21、スピンドルモータ22、磁気ヘッド23、ヘッドアーム24、ボイスコイルモータ25、ヘッドIC (Integrated circuit) 26が収納される。磁気ディスク21は、スピンドルモータ22の回転軸に固定されており、スピンドルモータ22の回転に応じて矢印 $\theta$ 方向に回転する。

【0006】

磁気ヘッド23は、磁気ディスク21に対向して配置され、ディスク21に磁氣的に作用し、情報の記録又は再生を行う。磁気ヘッド23は、ヘッドアーム24の先端に固着されている。ヘッドアーム24は、他端がボイスコイルモータ25に結合しており、ボイスコイルモータ25により矢印 $\phi$ 方向に回動可能とされている。ヘッドアーム24が矢印 $\phi$ 方向に回動することにより、磁気ヘッド23がディスク21の半径方向、すなわち、矢印 $\phi$ 方向に移動する。

【0007】

磁気ヘッド23は、ヘッドIC 26に接続されている。ヘッドIC 26は、磁気ヘッド23によりディスク21に記録すべき信号を増幅し、磁気ヘッド23に供給するとともに、磁気ヘッド23によりディスク21から再生された再生信号を増幅して、回路基板12に供給する。

【0008】

回路基板12には、リードチャネル31、MPU (micro processing unit) 32、ROM (read only memory) 33、サーボコントローラ (SVC: servo controller) 34、ハードディスクコントローラ (HDC: hard disk controller) 35、RAM (random access memory) 36、IDE (integrated device electronics) コネクタ37が搭載されている。

【0009】



リードチャネル31は、ヘッドIC26と接続されており、ヘッドIC26に記録信号を供給するとともに、ヘッドIC26で増幅された再生信号を再生データに復調する。リードチャネル31で復調された再生データは、HDC35に供給される。HDC35は、再生データをRAM36に一時記憶した後、IDEコネクタ37を介して図示しないホストコンピュータに供給する。

## 【0010】

また、HDC35は、ホストコンピュータからIDEコネクタ37に供給された記録データをRAM36に一時記憶し、記録時にRAM36から読み出して、リードチャネル31に供給する。リードチャネル31は、HDC35からの記録データを変調して記録信号を生成する。リードチャネル31で変調された記録信号は、ヘッドIC26に供給される。ヘッドIC26は、リードチャネル31からの記録信号を増幅して、磁気ヘッド23に供給する。磁気ヘッド23は、ヘッドIC26からの記録信号に応じた磁界を発生し、磁気ディスク21を磁化させ、記録信号を磁気ディスク21に記録する。

## 【0011】

このとき、MPU32には、リードチャネル31で復調された再生データが供給される。MPU32は、再生データから磁気ディスク21上の位置信号、すなわち、アドレスを読み出し、トラッキングサーボ制御を行う。MPU32は、読み出された位置信号が目標とする情報が記憶された位置の位置信号との差分に応じた制御信号、すなわち、トラッキングエラー信号を生成し、生成した制御信号にノッチフィルタ処理を行った後、サーボコントローラ34に供給する。ノッチフィルタ処理では、制御信号から装置固有の共振周波数成分を除去する。

## 【0012】

サーボコントローラ34は、MPU32からの制御信号に基づいてボイスコイルモータ25を制御し、磁気ヘッド23による磁気ディスク21からの信号の読み出し位置を制御する。

## 【0013】

以上により磁気ディスク21上の目標位置を磁気ヘッド23が走査して、目標とする情報を取得できる。

## 【0014】

このとき、ボイスコイルモータ25には、装置毎に特有の共振周波数をもつ、このため、MPU32が実行するファームウェアでは、ノッチフィルタ処理のカットオフ周波数を装置のもつ共振周波数に一致させるために、装置に固有の共振周波数を測定する共振周波数測定処理が設定されている。

## 【0015】

図3は従来の一例のトラッキングサーボ制御系の機能ブロック図を示す。

## 【0016】

なお、減算器41、コントローラ42、ノッチフィルタ43、加算器44、正弦波外乱発生器45、FFT演算器46、ピークゲイン検出部47、調整部48は、ファームウェアによりMPU32の処理として実現される。

## 【0017】

減算器41には、目標位置信号と現在位置信号とが供給され、目標位置信号と現在位置信号とを減算し、差分情報を出力する。減算器41で求められた差分情報は、コントローラ42に供給される。コントローラ42は、減算器41からの差分情報に基づいてボイスコイルモータ25を制御するための制御信号を生成する。

## 【0018】

コントローラ42で生成された制御信号は、ノッチフィルタ43に供給される。ノッチフィルタ43は、予め設定された所定のカットオフ周波数の成分を低減する。ノッチフィルタ43で不要成分がカットされた情報は、加算器44に供給される。加算器44は、正弦波外乱発生器45からの正弦波外乱信号とノッチフィルタから情報とを加算する。加算器44で加算された情報は、サーボコントローラ34に供給される。

## 【0019】

サーボコントローラ34は、加算器44からの制御信号に基づいてボイスコイルモータ25を駆動するための駆動信号を生成する。サーボコントローラ34で生成された駆動信号は、ボイスコイルモータ25に供給される。ボイスコイルモータ25は、サーボコントローラ34からの駆動信号により駆動され、磁気ヘッ

ド 2 3 の位置を変位させる。

【 0 0 2 0 】

磁気ヘッド 2 3 は、変位した位置で磁気ディスク 2 1 上から信号を読み出す。磁気ヘッド 2 3 により再生された再生信号は、ヘッド IC 2 6 に供給される。ヘッド IC 2 6 は、磁気ヘッド 2 3 からの再生信号を増幅する。ヘッド IC 2 6 で増幅された再生信号は、リードチャネル 3 1 に供給される。リードチャネル 3 1 は、ヘッド IC 2 6 からの再生信号を復調し、再生情報を得る。リードチャネル 3 1 で取得された再生情報のうち位置信号が現在位置信号として減算器 4 1 に供給されるとともに、FFT (fast fourier transform) 演算器 4 6 に供給される。FFT 演算器 4 6 は、FFT 処理を行い、位置信号の振幅を求める。

【 0 0 2 1 】

FFT 演算器 4 6 で求められた位置信号の振幅は、調整部 4 7 に供給される。調整部 4 7 は、正弦波外乱発生部 4 5 で発生される正弦波外乱信号の周波数を変化させ、FFT 演算器 4 6 の演算結果を取得し、FFT 演算器 4 6 の演算結果、振幅が最大となる周波数を検出する。調整部 4 7 は、振幅が最大となる周波数をノッチフィルタ 4 3 のカットオフ周波数に設定する。

【 0 0 2 2 】

なお、位置信号の振幅を求めるには、FFT 演算器 4 6 の他に DFT (discrete fourier transform analysis) 演算器及び Max-Min 差分演算器が用いられるのが一般的であった。

【 0 0 2 3 】

【発明が解決しようとする課題】

従来のハードディスクドライブでは、共振周波数を測定する際、FFT 演算器 4 6、DFT (discrete fourier transform analysis) 演算器及び Max-Min 差分演算器により共振周波数を求めていた。しかるに、FFT 演算、DFT 演算及び Max-Min 差分演算は、演算が複雑であり、メモリの使用量が多いなどの問題点があった。

【 0 0 2 4 】

本発明は上記の点に鑑みてなされたもので、第 1 の目的は簡単な処理で共振周

波数を測定することができる共振周波数測定方法を提供することを目的とする。

【0025】

第2の目的は共振周波数がずれた場合でも対応可能なフィルタを提供することを目的とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1、2は、異なる周波数の正弦波振動を、機構部を駆動して媒体に記録された情報を再生する情報記録及び／又は再生装置の機構に加えて、周波数毎に再生した情報が目標とする位置の情報と異なる回数を計数し、その計数結果に基づいて共振周波数を決定する。

【0027】

本発明によれば、オフトラック回数を計数し、その結果により共振周波数を決定できるので、FFT、DFT演算など複雑な演算を行う必要がない。よって、プログラムが小規模ですむため、プログラム記憶領域を小さくできる。また、プログラム実行時の作業用メモリ容量も小さくて済む。したがって、装置に搭載するメモリ容量を小さくできる。

【0028】

請求項3は、制御信号に順次異なる周波数の正弦波信号を加えることにより、機構部に正弦波振動を加えることを特徴とする。

【0029】

請求項3によれば、機構部に直接振動を印加する必要がなく、信号として処理できるため、簡単な構成で実現できる。

【0030】

請求項4は、周波数特性の異なる複数のノッチフィルタを組み合わせることで所望のノッチフィルタ特性を得ることを特徴とする。

【0031】

請求項5は、カットオフ周波数が第1の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数の前後でゲインの変化が略対称となるように設定された第1のノッチフィルタと、カットオフ周波数が第1の周波数より小さい第2の周波数に設定され

、かつ、カットオフ周波数より小さい周波数側のゲインの変化量及び最大値がカットオフ周波数より大きい周波数側のゲインの変化量及び最大値より小さく設定された第2のノッチフィルタと、カットオフ周波数が第1の周波数より大きい第3の周波数に設定され、かつ、カットオフ周波数より小さい周波数側のゲインの変化量及び最大値がカットオフ周波数より大きい周波数側のゲインの変化量及び最大値より大きく設定された第3のノッチフィルタとを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 3 2 】

請求項4、5によれば、周波数特性の異なる複数のノッチフィルタを組み合わせ、ゲインが抑圧される周波数帯域を拡幅することができる。このとき、ゲインの変化を非対称とすることにより、ゲインの抑圧を劣化せずに、ゲインを抑圧する周波数帯域を拡幅できる。

## 【 0 0 3 3 】

## 【発明の実施の形態】

まず、本実施例のハードディスクドライブの共振周波数測定方法について説明する。

## 【 0 0 3 4 】

本実施例のハードディスクドライブは、図1～図3で説明した従来のハードディスクドライブ1と同様な構成であり、ROM33に記憶されたファームウェアの処理が従来とは相違する。

## 【 0 0 3 5 】

図4は本発明の一実施例のトラッキングサーボ系の機能ブロック図を示す。同図中、図3と同一構成部分には同一符号を付し、その説明は省略する。

## 【 0 0 3 6 】

本実施例のハードディスクドライブのトラッキングサーボ系は、図3に示すFFT演算器46及び調整部47に代えて、オフトラック検出器101及びオフトラック計数器102並びに調整部103を設けた構成としてなる。

## 【 0 0 3 7 】

オフトラック検出器101には、HDC35から目標位置信号が供給されるとともに、RDC31から現在位置信号が供給される。オフトラック検出器101

は、目標位置信号と現在位置信号とを比較して、現在位置信号が目標位置信号と異なるトラックの位置信号であると、オフトラックであると判定し、オフトラック計数器 1 0 2 にパルス信号を供給する。

## 【 0 0 3 8 】

オフトラック計数器 1 0 2 は、カウンタであり、オフトラック検出器 1 0 1 からのパルス信号を一定時間、計数する。オフトラック計数器 1 0 2 は、調整部 1 0 3 によりクリアされ、計数時間を設定される。調整部 1 0 3 は、ノッチフィルタのカットオフ周波数を設定するための全体の制御を行う。

## 【 0 0 3 9 】

図 5 は本発明の一実施例のノッチフィルタ設定処理のフローチャート、図 6 はノッチフィルタ設定処理の動作説明図を示す。

## 【 0 0 4 0 】

ノッチフィルタ設定処理は、外部からのコマンドあるいは内部でエラー発生回数が所定値より大きくなるなどの所定の条件を満たしたときに起動される。

## 【 0 0 4 1 】

ノッチフィルタ設定処理では、まず、ステップ S 1 - 1 で測定周波数  $f_s$  を所定の周波数  $f_a$  に設定し、記録配列位置  $x$  を「0」に初期化し、磁気ヘッド 2 3 を所定のトラックにオントラックさせる。

## 【 0 0 4 2 】

次にステップ S 1 - 2 で周波数  $f_s$  の正弦波外乱信号を発生させ、トラッキングエラー信号に加算する。

## 【 0 0 4 3 】

次に、ステップ S 1 - 3 で一定時間、オフトラック発生回数を計数する。オフトラックは、磁気ヘッド 2 3 が磁気ディスク 2 1 上で本来、追従すべきトラックから外れた状態であり、磁気ヘッド 2 3 からの検出信号をリードチャネル 3 1 により復調し、復調した情報からアドレスを認識し、アドレスが磁気ヘッドをステップ S 1 - 1 でオントラックしたトラックのアドレスのものか否かを判定することにより判断する。

## 【 0 0 4 4 】

オフトラック発生回数は、再生情報中のアドレスがステップ S 1 - 1 でオントラックしたトラックのアドレスでないときに、インクリメントされる。

## 【 0 0 4 5 】

次にステップ S 1 - 3 で所定時間、計数されたオフトラック発生回数は、ステップ S 1 - 4 で、MPU 3 2 の内部に予め設定された測定結果配列  $res[x]$ 、あるいは RAM 3 6 に予め設定された測定結果配列  $res[x]$  にストアされる。次に、ステップ S 1 - 5 で測定周波数  $f_s$  及び記録配列位置  $x$  を更新する。更新測定周波数  $f_s$  は、例えば、 $(f_s + f_{step})$  に更新される。ここで、 $f_s$  は、現在の測定周波数である。また、 $f_{step}$  は、予め設定されたステップ周波数である。すなわち、更新後、測定周波数  $f_s$  は、現在の周波数に予め設定されたステップ周波数  $f_{step}$  を加算した周波数に設定される。

## 【 0 0 4 6 】

次にステップ S 1 - 6 で、更新された測定周波数  $f_s$  が決められた上限周波数  $f_b$  より大きくなったか否かが判定される。

## 【 0 0 4 7 】

ステップ S 1 - 6 で測定周波数  $f_s$  が決められた上限周波数  $f_b$  より小さければ、ステップ S 1 - 2 ~ S 1 - 5 を実行する。また、ステップ S 1 - 6 で更新された測定周波数  $f_s$  が上限周波数より大きくなると、ステップ S 1 - 7 でオフトラック発生回数の配列である測定結果配列  $res[0] \sim res[(n-1)]$  の中から最大値のオフトラック発生回数を求め、その測定周波数  $f_t$  を求める。なお、 $n$  は、周波数の更新回数に相当する。

## 【 0 0 4 8 】

測定周波数  $f_s$  とオフトラック回数との関係は、図 6 に示すようなものとなる。このとき、図 6 に示すように複数のピーク  $p_1 \sim p_4$  が発生する。このとき、オフトラック回数が最も多い測定周波数  $f_t$  を求めて、ノッチフィルタ 4 3 のカットオフ周波数とする。

## 【 0 0 4 9 】

ステップ S 1 - 8 で、周波数  $f_t$  が中心周波数となるノッチフィルタ特性を得るためのフィルタ係数を算出する。

## 【0050】

次にステップS1-9で、現在ROM33に設定されたフィルタ係数をステップS1-8で求めたフィルタ係数に変更する。

## 【0051】

このとき、ノッチフィルタ43は、MPU32の処理によるデジタルフィルタで構成されている。ノッチデジタルフィルタの伝達関数は、一般に

## 【0052】

【数1】

$$G(s) = \frac{s^2 + 2D_p Z_t \Omega_c s + \Omega_c^2}{s^2 + 2Z_t \Omega_c s + \Omega_c^2} \quad \dots (1)$$

$\Omega_c$  : カットオフ値

$Z_t$  : 広がりを示す関数

$D_p$  : 深さを示す関数

で表される。

## 【0053】

図7はノッチフィルタの周波数帯域を変化させたときの特性を示す図、図8はノッチフィルタのゲインを変化させたときの特性を示す図である。図7(A)、図8(B)は周波数特性図、図7(B)、図8(B)は位相特性図を示す。

## 【0054】

式(1)の伝達関数 $G(s)$ は、図7(A)、図8(A)に示すようなノッチフィルタの特性を有する。

## 【0055】

式(1)の関数 $Z_t$ の値を大きくすることにより、図7(A)に示すように周波数帯域が広がる。また、式(1)の関数 $D_p$ の値を小さくすることによりゲインが深くなる。

## 【0056】

また、式(1)のカットオフ値 $\Omega_c$ を大きくすることによりカットオフ周波数 $f_c$ が大きくなり、カットオフ値 $\Omega_c$ を小さくすることによりカットオフ周波数 $f$



cが小さくなる。

【0057】

MPU32は、少なくとも上記カットオフ周波数 $\Omega_c$ をパラメータとしてROM33に設定可能とされている。ステップS1-9では、上記カットオフ値 $\Omega_c$ が最大トラッキングオフ回数の周波数となるようにROM33の内容を変更する。

【0058】

例えば、カットオフ値 $\Omega_c$ は、

$$\Omega_c = 2\pi f_c \quad (\pi: \text{円周率}, f_c: \text{カットオフ周波数})$$

の関係にある。よって、カットオフ周波数 $f_c$ が最大トラッキングオフ回数の周波数となるようにカットオフ値 $\Omega_c$ を設定する。

【0059】

また、本実施例では、目標位置アドレスと現在位置アドレスとが異なるときに、オフトラックと判定しているが、トラッキングエラー信号が所定量より大きいときにオフトラックと判定するようにしてもよい。

【0060】

本実施例によれば、正弦波外乱信号の周波数を可変しつつ、周波数毎に所定時間、オフトラック回数を計数し、オフトラック回数が最大となる周波数を共振周波数と設定しているため、FFT演算、DFT演算、Max-Min差分演算などに比べて簡単な処理で共振周波数を求めることができ、メモリの使用量を低減できる。

【0061】

なお、本実施例のノッチフィルタ43のカットオフ周波数 $f_c$ の設定は、出荷時だけでなく、出荷後、起動時、あるいはエラーレートやリトライ回数が所定値より大きくなったときに、再度、設定を行うようにしてもよい。

【0062】

また、本実施例では、ノッチフィルタ43は、式(1)で表される通常のデジタルノッチフィルタを用いたが、通常のノッチフィルタは、抑圧帯域が狭いので、装置の機械的共振周波数とノッチフィルタのカットオフ周波数とがずれた場

合には、メカ共振が発生しときに、発振が生じ、制御できなくなる。そこで、抑圧帯域を拡張したデジタルノッチフィルタを用いるようにしてもよい。

【0063】

図9は本発明の一実施例のノッチフィルタの変形例のブロック構成図を示す。

【0064】

本変形例のノッチフィルタ200は、4つのノッチフィルタ201～204から構成される。ノッチフィルタ201は、特許請求の範囲に記載の第4のノッチフィルタに相当する。ノッチフィルタ202は、特許請求の範囲に記載の第2のノッチフィルタに相当する。ノッチフィルタ203は、特許請求の範囲に記載の第1のノッチフィルタに相当する。ノッチフィルタ204は、特許請求の範囲に記載の第3のノッチフィルタに相当する。

【0065】

コントローラ42からの制御信号は、ノッチフィルタ201～ノッチフィルタ204を直列に通過して出力される。これにより、コントローラ42から供給された制御信号には、ノッチフィルタ201～ノッチフィルタ204の周波数特性を合成した一つの周波数特性のフィルタを通過したのと同様な処理が施される。

【0066】

本変形例のノッチフィルタ201は、カットオフ周波数が $f_1$ とされた通常のフィルタ特性を有する。

【0067】

通常のノッチフィルタの伝達関数は、式(1)に示すようなものである。

【0068】

式(1)をZ変換すると、

【0069】

【数2】

$$G(z) = \frac{(1+2D_p Z_t A + A^2) + 2(A^2 - 1)Z^{-1} + (1-2D_p Z_t A + A^2)Z^{-2}}{(1+2Z_t A + A^2) + 2(A^2 - 1)Z^{-1} + (1-2Z_t A + A^2)Z^{-2}} \quad \dots (2)$$

で表せる。

【0070】

一方、本変形例では、式（1）を下記の通り変更する。

【0071】

【数3】

$$G(s) = \frac{s^2 + 2D_p Z_t \Omega_c s + \Omega_c^2}{ns^2 + 2Z_t \Omega_c s + \Omega_c^2} \quad \dots (3)$$

で表される。

【0072】

式（3）において、sが大きくなる、すなわち、周波数が高くなると、s<sup>2</sup>以外の項は無視できるため、式（3）は、

【0073】

【数4】

$$G(s) = \frac{1}{n} \quad \dots (4)$$

で表せる。よって、nによってゲインを変動することができることが分かる。

【0074】

また、式（3）をZ変換すると、

【0075】

【数5】

$$G(z) = \frac{(1+2D_p Z_t A + A^2) + 2(A^2 - 1)Z^{-1} + (1-2D_p Z_t A + A^2)Z^{-2}}{(N+2Z_t A + A^2) + 2(A^2 - N)Z^{-1} + (N-2Z_t A + A^2)Z^{-2}} \quad \dots (5)$$

で表される。

【0076】

なお、ノッチフィルタ201は、式（5）においてNが「1」の場合に相当する。

## 【 0 0 7 7 】

図 1 0 は、 $N = 1$  のときのフィルタ特性を示す。図 1 0 (A) は周波数－ゲイン特性、図 1 0 (B) は周波数－位相特性を示す。

## 【 0 0 7 8 】

ノッチフィルタ 2 0 1 は、図 1 0 に破線で示すように中心周波数を中心に左右対称な形状になる。なお、ノッチフィルタ 2 0 1 は、カットオフ周波数が  $f_1$  に設定されている。

## 【 0 0 7 9 】

ノッチフィルタ 2 0 1 を通過した制御信号は、ノッチフィルタ 2 0 2 に供給される。ノッチフィルタ 2 0 2 は、式 (5) において  $N$  が「1. 3 3」の場合に相当する。

## 【 0 0 8 0 】

図 1 1 は、 $N = 1. 3 3$  のときのフィルタ特性を示す。図 1 1 (A) は周波数－ゲイン特性、図 1 1 (B) は周波数－位相特性を示す。

## 【 0 0 8 1 】

ノッチフィルタ 2 0 2 は、図 1 1 (A) に示すようにカットオフ周波数より低い周波数側に比べてカットオフ周波数より高い周波数側でのゲインが大きくなる。なお、ノッチフィルタ 2 0 2 は、カットオフ周波数が周波数  $f_2$  に設定されている。周波数  $f_2$  は、周波数  $f_1$  より大きい周波数である。

## 【 0 0 8 2 】

ノッチフィルタ 2 0 2 を通過した制御信号は、ノッチフィルタ 2 0 3 に供給される。ノッチフィルタ 2 0 3 は、式 (5) において  $N$  が「1」の場合に相当し、図 1 0 に示す特性を有する。なお、ノッチフィルタ 2 0 3 は、カットオフ周波数が周波数  $f_3$  に設定されている。周波数  $f_3$  は、周波数  $f_2$  より大きい周波数であり、例えば、上記処理により求められた共振周波数に設定される。

## 【 0 0 8 3 】

ノッチフィルタ 2 0 3 を通過した制御信号は、ノッチフィルタ 2 0 3 に供給される。ノッチフィルタ 2 0 3 は、式 (5) において  $N$  が「0. 7 5」の場合に相当する。

## 【 0 0 8 4 】

図 1 2 は、 $N = 0.75$  のときのフィルタ特性を示す。図 1 2 (A) は周波数－ゲイン特性、図 1 2 (B) は周波数－位相特性を示す。

## 【 0 0 8 5 】

ノッチフィルタ 2 0 4 は、図 1 2 (A) に示すようにカットオフ周波数より高い周波数側に比べてカットオフ周波数より低い周波数側でのゲインが大きくなる。なお、ノッチフィルタ 2 0 4 は、カットオフ周波数が周波数  $f_4$  に設定されている。周波数  $f_4$  は、周波数  $f_3$  より大きい周波数である。

## 【 0 0 8 6 】

図 1 3 はノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の特性を重ね合わせて表示した図、図 1 4 はノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の特性を合成した特性を示す図である。図 1 3 (A) はノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の周波数特性を重ね合わせて表示した図、図 1 3 (B) はノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の位相特性を重ね合わせて表示した図、図 1 4 (A) はノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の周波数特性を合成した図、図 1 4 (B) はノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の位相特性を合成した図である。

## 【 0 0 8 7 】

図 1 3 (A) に示すノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の周波数特性を合成することにより、図 1 3 (A) に示すような特性が得られる。図 1 3 (A) で周波数  $f_2$  から周波数  $f_4$  の広い周波数帯域で略 3 0 d B という十分に大きな減衰が得られる。

## 【 0 0 8 8 】

また、ノッチフィルタ 2 0 1 の周波数特性により低い周波数側のクオリティファクタ  $Q$  を緩和することにより周波数が低い側で、減衰を広い周波数範囲で行うことができる。

## 【 0 0 8 9 】

図 1 5、図 1 6 は通常のノッチフィルタの特性を周波数を異ならせて合成したときの特性を説明するための図を示す。図 1 5 (A) は通常、すなわち、式 (5) で  $N = 1$  でカットオフ周波数が周波数  $f_1$  のノッチフィルタ 2 0 1 の周波数特

性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_2$ のノッチフィルタ202の周波数特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_3$ のノッチフィルタ203の周波数特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_4$ のノッチフィルタ204の周波数特性とを重ね合わせて表示したものである。図15(B)は通常、すなわち、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_1$ のノッチフィルタ201の位相特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_2$ のノッチフィルタ202の位相特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_3$ のノッチフィルタ203の位相特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_4$ のノッチフィルタ204の位相特性とを重ね合わせて表示したものである。

## 【0090】

図16(A)は、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_1$ のノッチフィルタ201の周波数特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_2$ のノッチフィルタ202の周波数特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_3$ のノッチフィルタ203の周波数特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_4$ のノッチフィルタ204の周波数特性とを合成して表示したものである。図16(B)は式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_1$ のノッチフィルタ201の位相特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_2$ のノッチフィルタ202の位相特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_3$ のノッチフィルタ203の位相特性と、式(5)で $N=1$ でカットオフ周波数が周波数 $f_4$ のノッチフィルタ204の位相特性とを合成して表示したものである。

## 【0091】

図15(A)に示すノッチフィルタ201～204の周波数特性を合成すると、図16(A)に示すようにカットオフ周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ のゲインは20dB程度とあまり大きくすることができない。しかし、本変形例のノッチフィルタ202、204のようにカットオフ周波数の前後でゲインの変化が非対称とされた、ノッチフィルタと組み合わせることにより、図14(A)に示すようにカットオフ周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ で30dBという十分に深いゲイ

ンを得ることができる。また、このとき、図14（B）に示すように位相特性は、図16（B）と変わらない特性が得られる。

## 【0092】

以上、本変形例によれば、ノッチフィルタの周波数帯域を広げても、ゲインを深くすることができる。このため、共振周波数がずれた場合でも共振周波数成分を確実に除去できる。

## 【0093】

また、本変形例では、ノッチフィルタ203のカットオフ周波数 $f_3$ が図5に示すノッチフィルタ設定処理で測定された共振周波数となるように設定しているが、ノッチフィルタ202のカットオフ周波数 $f_2$ を共振周波数となるように設定してもよい。また、ノッチフィルタ202のカットオフ周波数とノッチフィルタ203のカットオフ周波数との間の周波数が共振周波数となるように設定するようにしてもよく、要は共振周波数のずれに対応しやすい周波数に設定すればよい。

## 【0094】

なお、本変形例のノッチフィルタ200は、減衰できる周波数帯域が広いいため、個々の装置毎に共振周波数を測定し、ノッチフィルタのカットオフ周波数と装置の共振周波数とを一致させなくとも、予め測定しておいた共振周波数にノッチフィルタのカットオフ周波数を設定しておけば、制御信号から共振成分をカットすることも可能である。

## 【0095】

また、上記実施例では、ハードディスクドライブに本発明の共振周波数測定方法及びフィルタを提供した例について説明したが、ハードディスクドライブに限定されるものではなく、光ディスク装置やテープ装置など適用することも可能である。要は機構部により媒体記録された情報を再生する装置一般に適用可能である。

## 【0096】

なお、上記実施例は、下記の付記を含むものである。

## 【0097】

(付記 1) 機構部を駆動して媒体に記録された情報を再生する情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法において、

異なる周波数の正弦波振動を順次に前記機構に加えて、周波数毎に再生した情報が目標とする位置の情報と異なる回数を計数する測定手順と、

前記測定手段で測定された計数結果に基づいて共振周波数を決定する共振周波数決定手順とを有することを特徴とする情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法。

【 0 0 9 8 】

(付記 2) 前記測定手順は、前記機構部を駆動するためのアクチュエータを制御する制御信号に順次異なる周波数の正弦波信号を加えることにより、前記機構部に前記正弦波振動を加えることを特徴とする付記 1 記載の情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法。

【 0 0 9 9 】

(付記 3) 前記共振周波数決定手順は、前記計数結果が最大となる周波数を共振周波数と判定することを特徴とする付記 1 又は 2 記載の情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法。

【 0 1 0 0 】

(付記 4) 媒体に記録された情報を追従させるための機構部と、前記機構部を駆動するための駆動部と、前記駆動部を制御する制御信号から不要成分を除去するフィルタとを有する情報記録及び／又は再生装置において、

異なる周波数の正弦波振動を順次に前記機構部に加えて、周波数毎に再生した情報が目標とする位置の情報と異なる回数を計数する測定手段と、

前記測定手段で測定された計数結果に基づいて共振周波数を決定する共振周波数決定手段と、

前記共振周波数決定手段で決定された共振周波数がカットオフ周波数となるようにフィルタ特性を調整するフィルタ調整手段とを有することを特徴とする情報記録及び／又は再生装置。

【 0 1 0 1 】

(付記 5) 前記測定手段は、前記制御信号に順次異なる周波数の正弦波信



号を加えることにより、前記機構部に前記正弦波振動を加えることを特徴とする請求項 4 記載の情報記録及び／又は再生装置。

【 0 1 0 2 】

(付記 6) 前記共振周波数決定手段は、前記計数結果が最大となる周波数を共振周波数と判定することを特徴とする付記 4 又は 5 記載の情報記録及び／又は再生装置。

【 0 1 0 3 】

(付記 7) 前記フィルタは、複数のノッチフィルタを組み合わせて所望のノッチフィルタ特性を得ることを特徴とする付記 4 乃至 6 のいずれか一項記載の情報記録及び／又は再生装置。

【 0 1 0 4 】

(付記 8) 前記フィルタは、カットオフ周波数が第 1 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数の前後でゲインの変化が略対称となるように設定された第 1 のノッチフィルタと、

カットオフ周波数が前記第 1 の周波数より小さい第 2 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数より小さい周波数側のゲインの変化量及び最大値が該カットオフ周波数より大きい周波数側のゲインの変化量及び最大値より小さく設定された第 2 のノッチフィルタと、

カットオフ周波数が前記第 1 の周波数より大きい第 3 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数より小さい周波数側のゲインの変化量及び最大値が該カットオフ周波数より大きい周波数側のゲインの変化量及び最大値より大きく設定された第 3 のノッチフィルタとを含むことを特徴とする付記 7 記載の情報記録及び／又は再生装置。

【 0 1 0 5 】

(付記 9) 前記フィルタは、カットオフ周波数が第 2 の周波数より小さい第 4 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数の前後でゲインの変化が略対称となるように設定された第 4 のノッチフィルタを含むことを特徴とする付記 8 記載の情報記録及び／又は再生装置。

【 0 1 0 6 】

(付記 1 0) 異なる周波数特性の複数のノッチフィルタを組み合わせることで所望のノッチフィルタ特性を取得することを特徴とするフィルタ。

【 0 1 0 7 】

(付記 1 1) 前記複数のノッチフィルタは、カットオフ周波数が第 1 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数の前後でゲインの変化が略対称となるように設定された第 1 のノッチフィルタと、

カットオフ周波数が前記第 1 の周波数より小さい第 2 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数より小さい周波数側のゲインの変化量及び最大値が該カットオフ周波数より大きい周波数側のゲインの変化量及び最大値より小さく設定された第 2 のノッチフィルタと、

カットオフ周波数が前記第 1 の周波数より大きい第 3 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数より小さい周波数側のゲインの変化量及び最大値が該カットオフ周波数より大きい周波数側のゲインの変化量及び最大値より大きく設定された第 3 のノッチフィルタとを含むことを特徴とする付記 1 0 記載のフィルタ。

【 0 1 0 8 】

(付記 1 2) 前記複数のノッチフィルタは、カットオフ周波数が第 2 の周波数より小さい第 4 の周波数に設定され、かつ、該カットオフ周波数の前後でゲインの変化が略対称となるように設定された第 4 のノッチフィルタを含むことを特徴とする付記 1 1 記載のフィルタ。

【 0 1 0 9 】

【発明の効果】

上述の如く、本発明によれば、オフトラック回数を計数し、その結果により共振周波数を決定できるので、FFT、DFT 演算など複雑な演算を行う必要がない。よって、プログラムが小規模ですむため、プログラム記憶領域を小さくできる。また、プログラム実行時の作業用メモリ容量も小さくて済む。したがって、装置に搭載するメモリ容量を小さくできる等の特長を有する。

【 0 1 1 0 】

さらに、本発明によれば、制御信号に順次異なる周波数の正弦波信号を加える

ことにより、機構部に直接振動を印加する必要がないため、簡単な構成で実現できる等の特長を有する。

【0111】

さらに、本発明よれば、周波数特性の異なる複数のノッチフィルタを組み合わせることで所望のノッチフィルタ特性を得るようにすることにより、ゲインが抑圧される周波数帯域を拡張することができ、このとき、ゲインの変化を非対称とすることにより、ゲインの抑圧を劣化せずに、ゲインを抑圧する周波数帯域を拡張できる等の特長を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

ハードディスクドライブの構成図である。

【図2】

ハードディスクドライブのブロック構成図である。

【図3】

従来の一例のトラッキングサーボ制御系の機能ブロック図である。

【図4】

本発明の一実施例のトラッキングサーボ系の機能ブロック図である。

【図5】

本発明の一実施例のノッチフィルタ設定処理のフローチャートである。

【図6】

ノッチフィルタ設定処理の動作説明図である。

【図7】

ノッチフィルタの周波数帯域を変化させたときの特性を示す図である。

【図8】

ノッチフィルタのゲインを変化させたときの特性を示す図である。

【図9】

本発明の一実施例のノッチフィルタの変形例のブロック構成図である。

【図10】

N = 1 のときのフィルタ特性図である。

【図 1 1】

N = 1. 3 3 のときのフィルタ特性図である。

【図 1 2】

N = 0. 7 5 のときのフィルタ特性図である。

【図 1 3】

第 1 ～ 第 4 のノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の特性を重ね合わせて表示した図である。

【図 1 4】

第 1 ～ 第 4 のノッチフィルタ 2 0 1 ～ 2 0 4 の特性を合成した特性を示す図である。

【図 1 5】

通常のノッチフィルタの特性を周波数を異ならせて合成したときの特性を説明するための図である。

【図 1 6】

通常のノッチフィルタの特性を周波数を異ならせて合成したときの特性を説明するための図である。

【符号の説明】

- 1    ハードディスクドライブ
  - 1 1   ディスクエンクロージャ
  - 1 2   回路基板
  - 2 1   磁気ディスク
  - 2 2   スピンドルモータ
  - 2 3   磁気ヘッド
  - 2 4   アーム
  - 2 5   ボイスコイルモータ
  - 2 6   ヘッド I C
  - 3 1   リードチャネル
  - 3 2   M P U
  - 3 3   R O M

34 サーボコントローラ

35 ハードディスクコントローラ

36 RAM

37 IDEコネクタ

41 減算器

42 コントローラ

43 ノッチフィルタ

44 加算器

45 正弦波外乱発生部

101 オフトラック検出器

102 オフトラック計数器

103 調整部

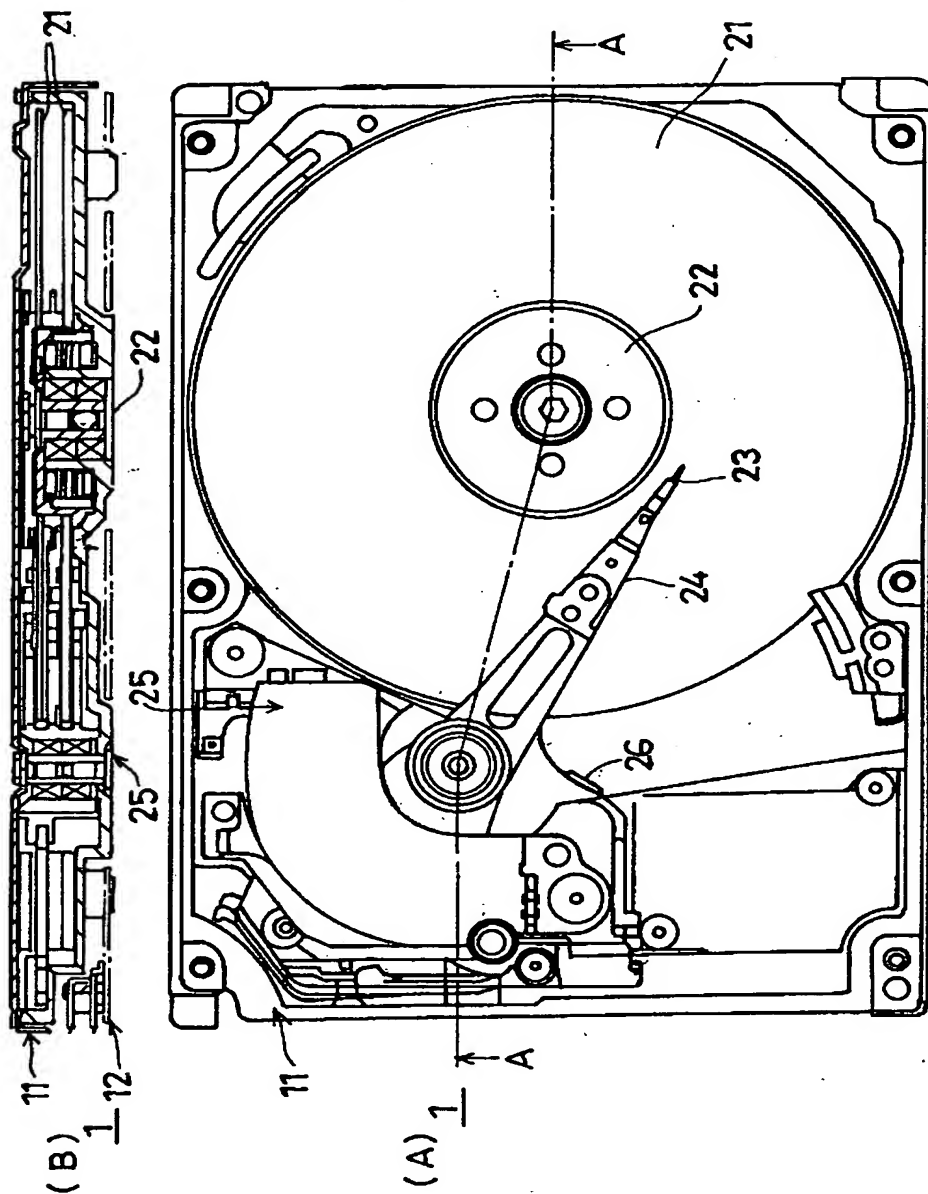
200、201、202、203、204 ノッチフィルタ

【書類名】

図面

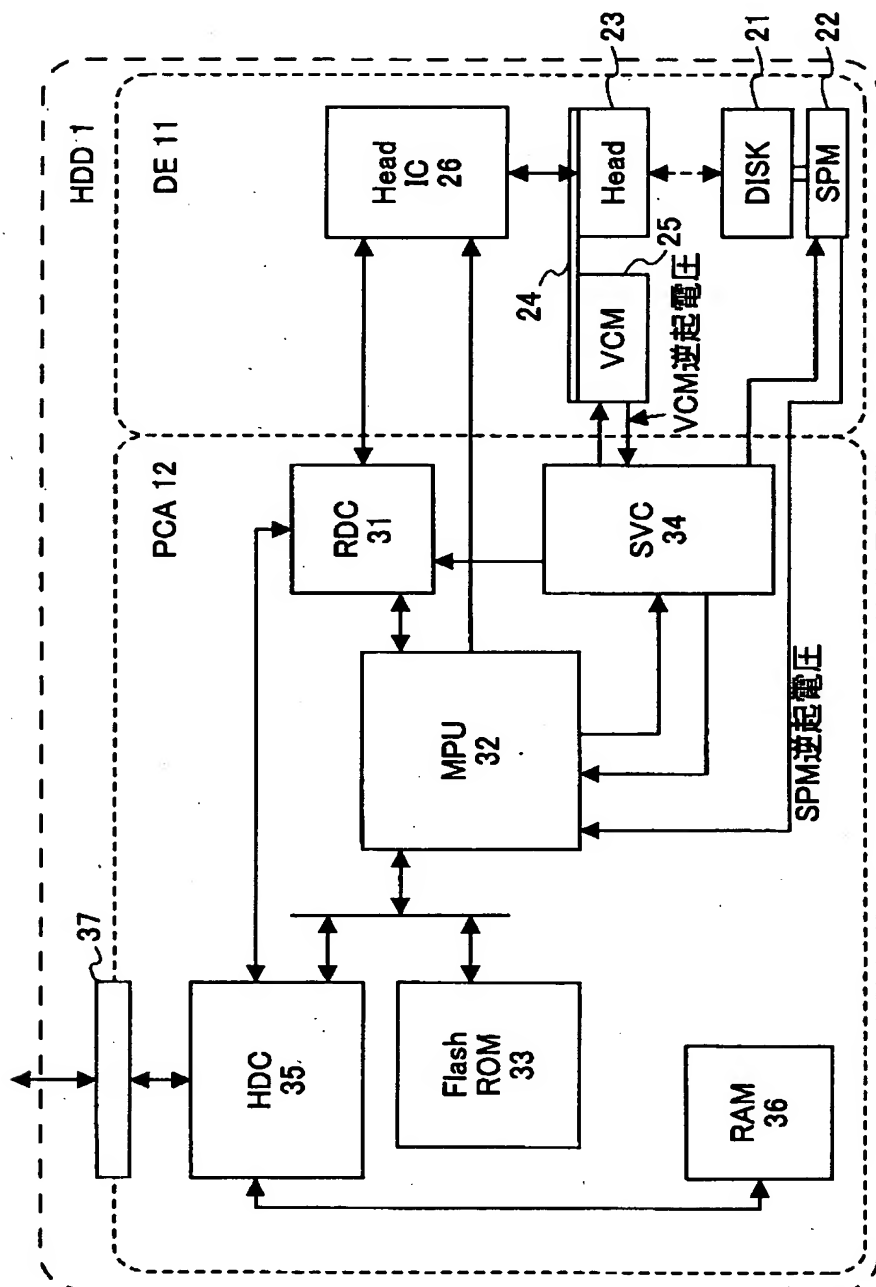
【図 1】

ハードディスクドライブの構成図



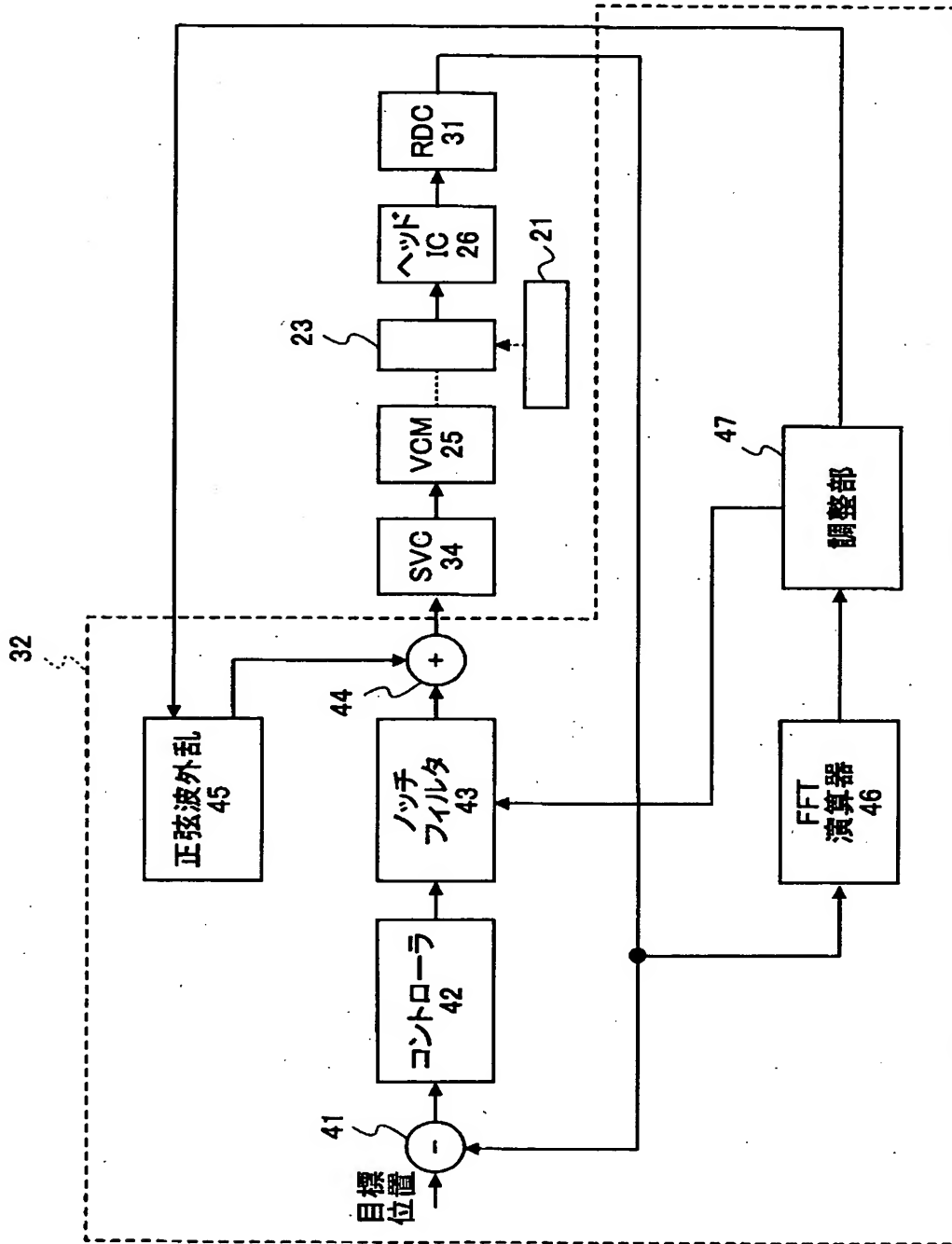
【図 2】

ハードディスクドライブのブロック構成図



【図3】

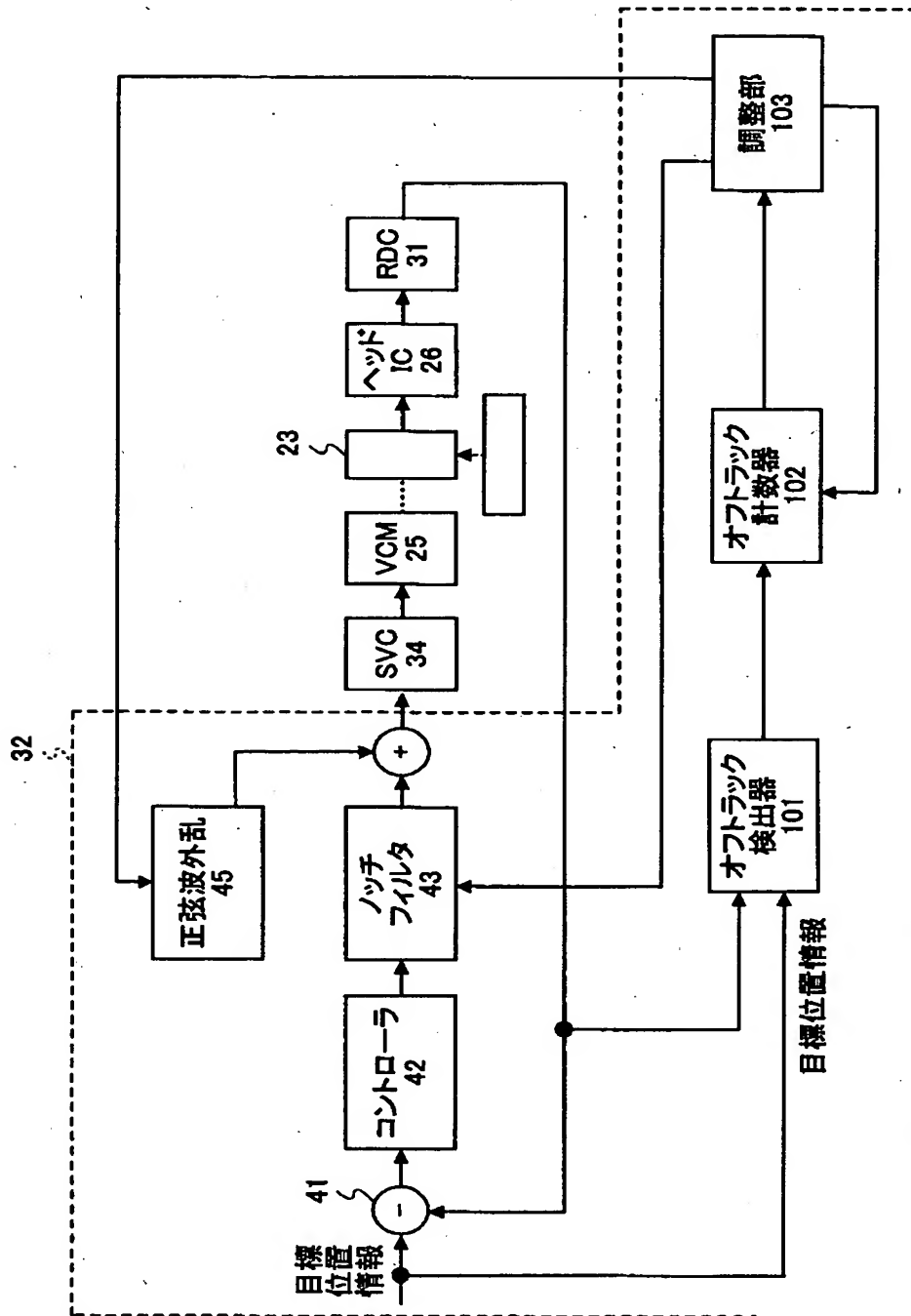
従来の一例のトラッキングサーボ制御系の機能ブロック図





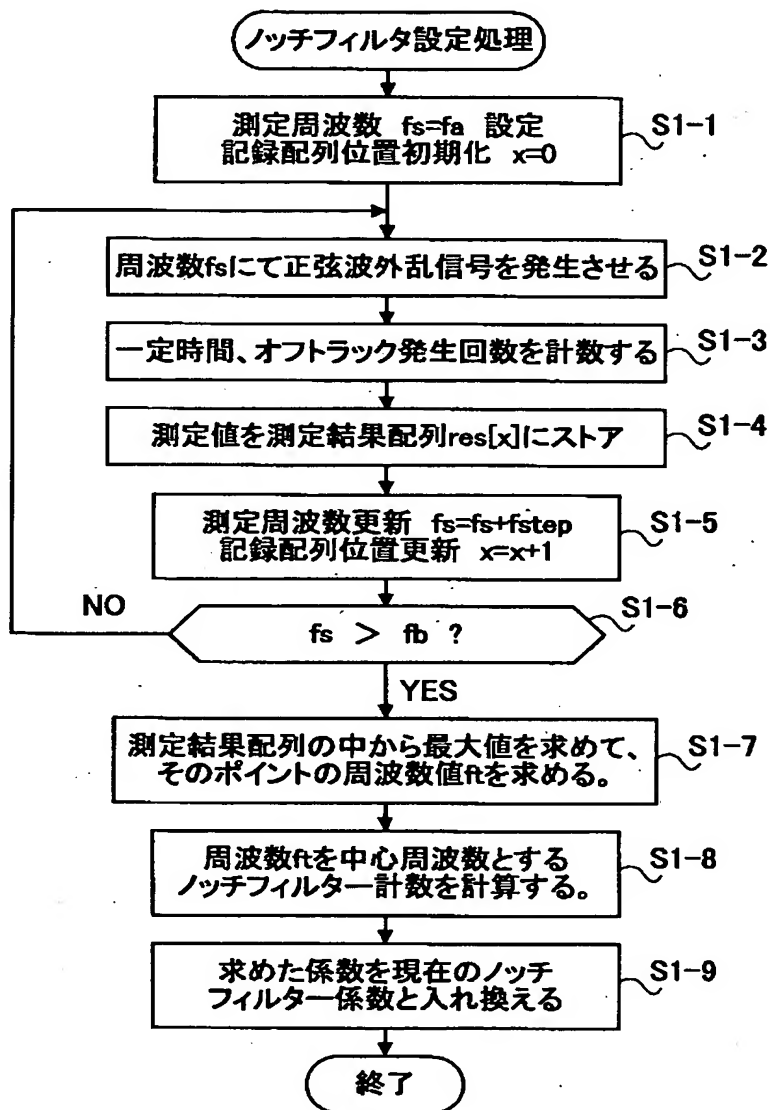
【図4】

本発明の一実施例のトラッキングサーボ系の機能ブロック図



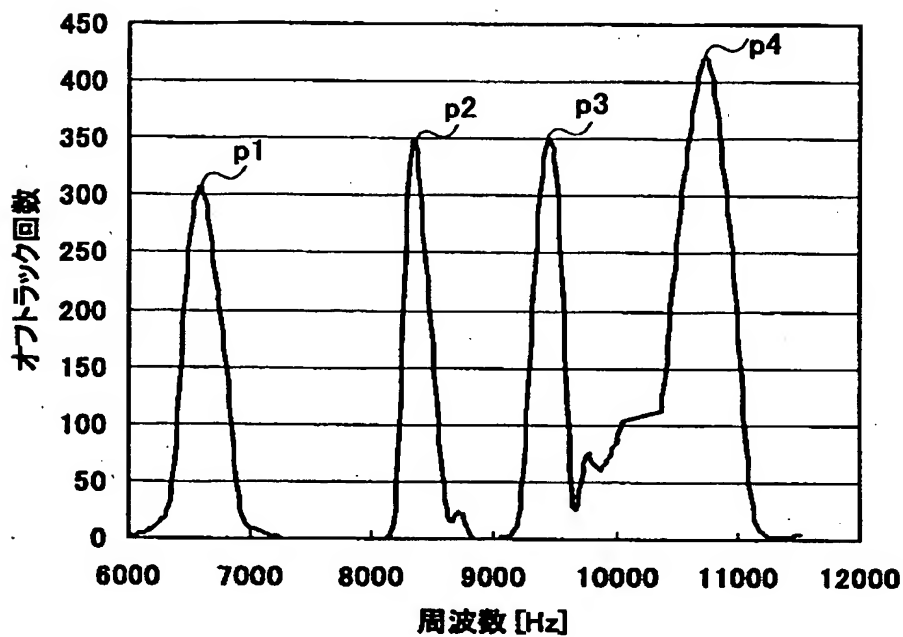
【図 5】

本発明の一実施例のノッチフィルタ設定処理のフローチャート



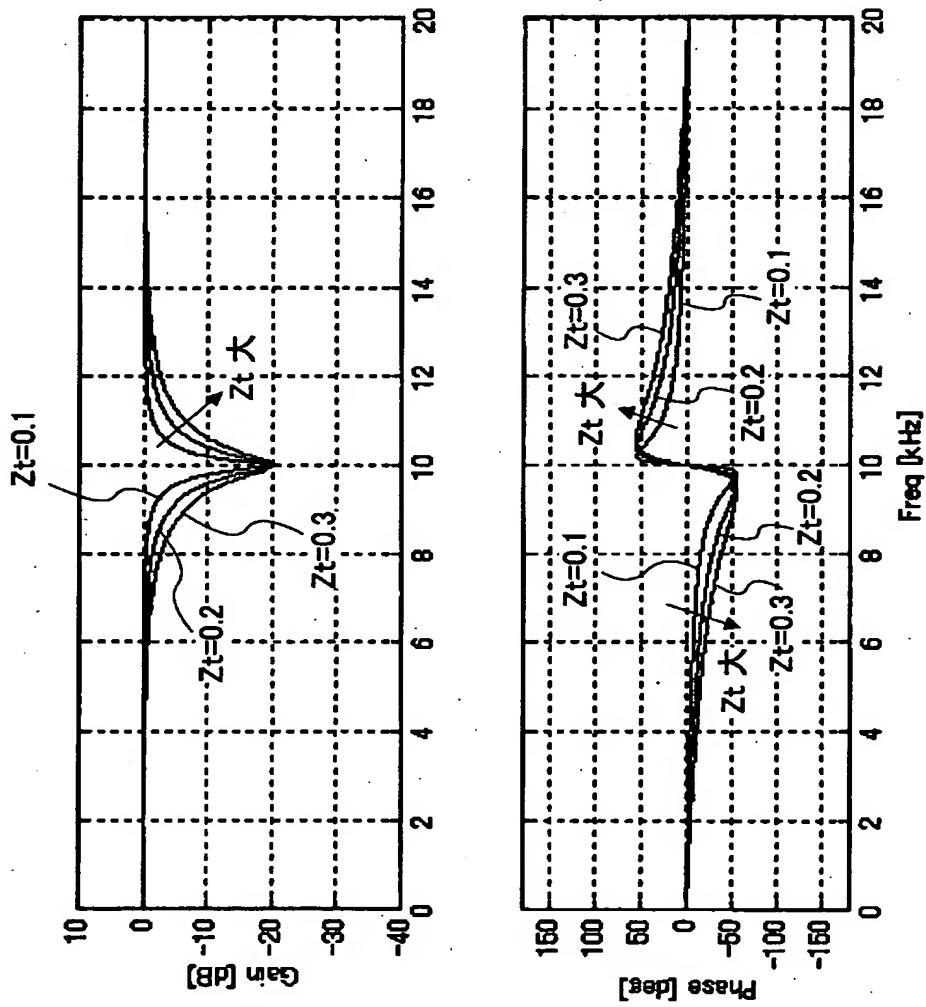
【図 6】

ノッチフィルタ設定処理の動作説明図



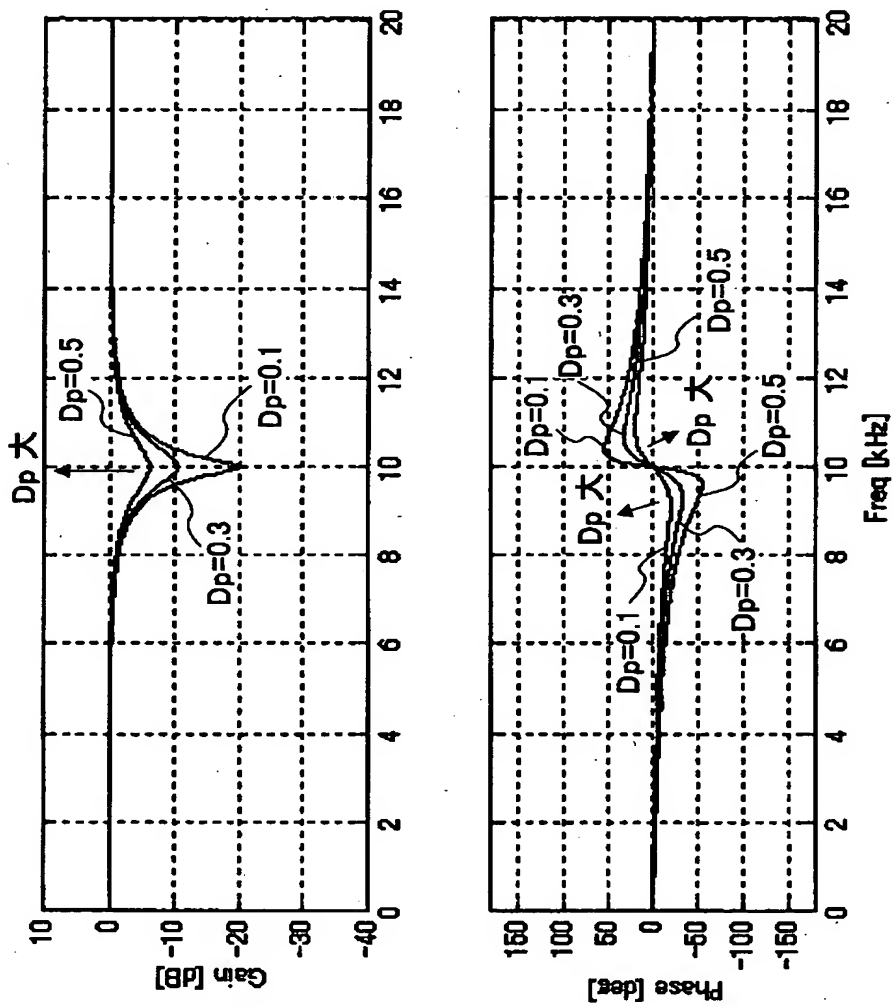
【図 7】

ノッチフィルタの周波数帯域を変化させたときの特性を示す図



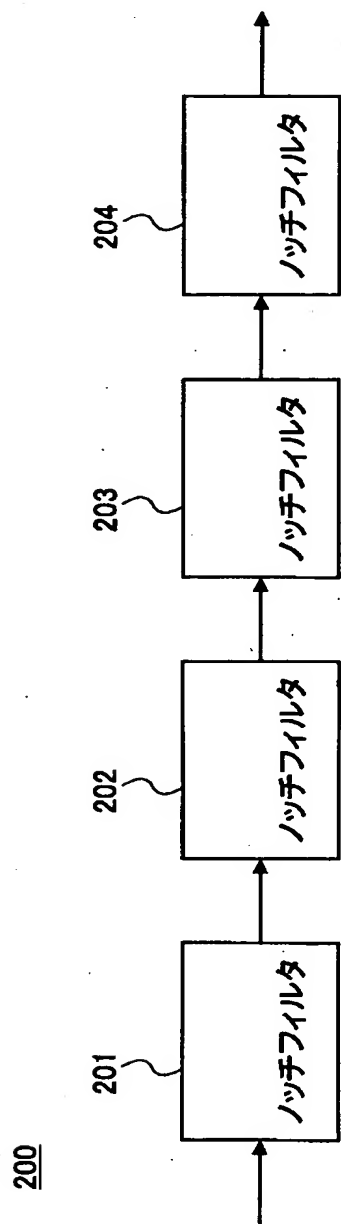
【図 8】

ノッチフィルタのゲインを変化させたときの特性を示す図



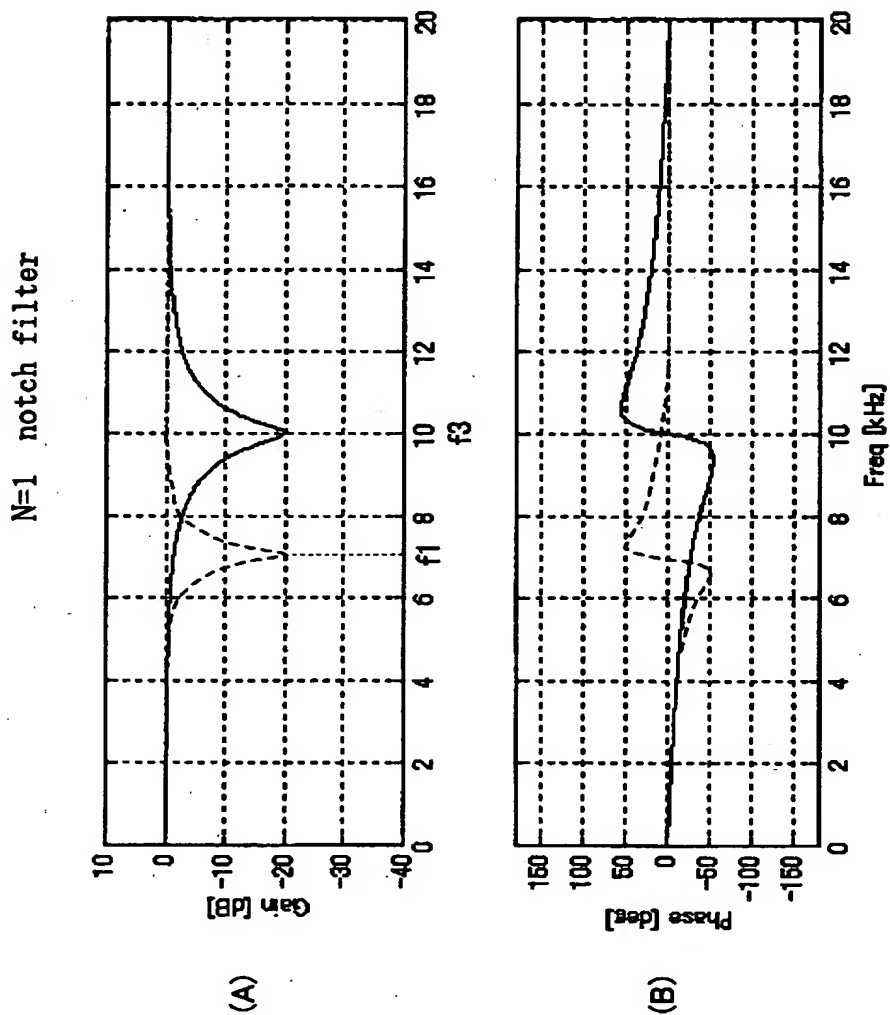
【図9】

本発明の一実施例のノッチフィルタの変形例のブロック構成図



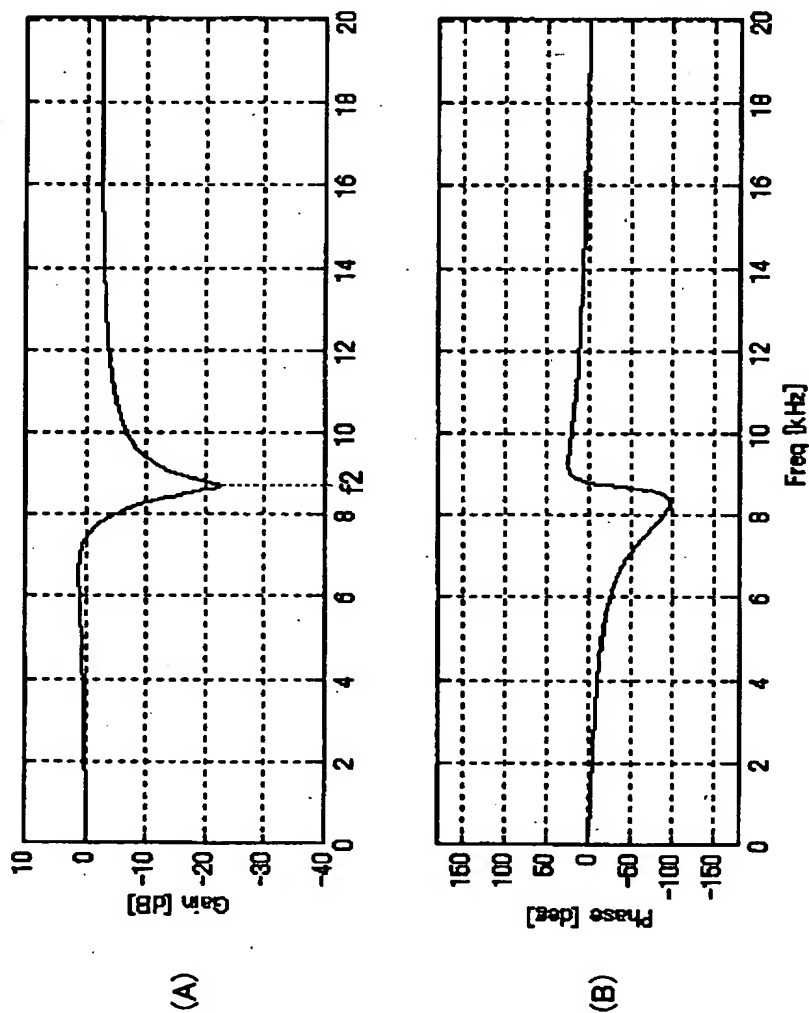
【図 10】

N=1 のときのフィルタ特性図



【図 11】

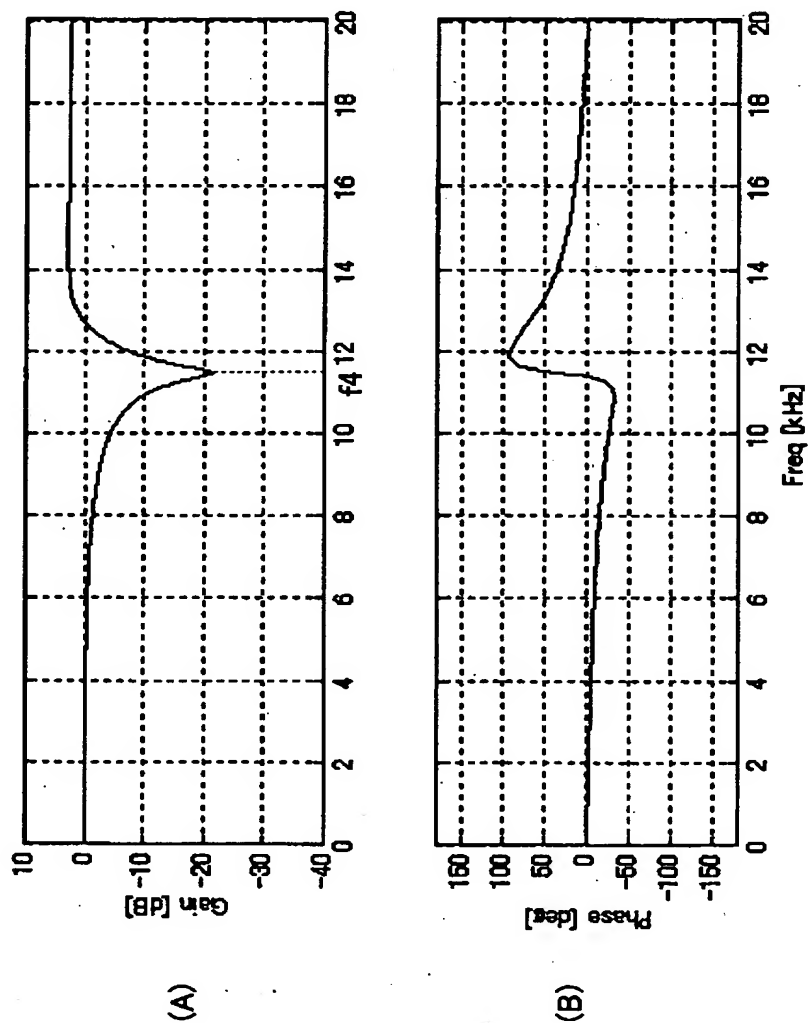
N=1.33のときのフィルタ特性図





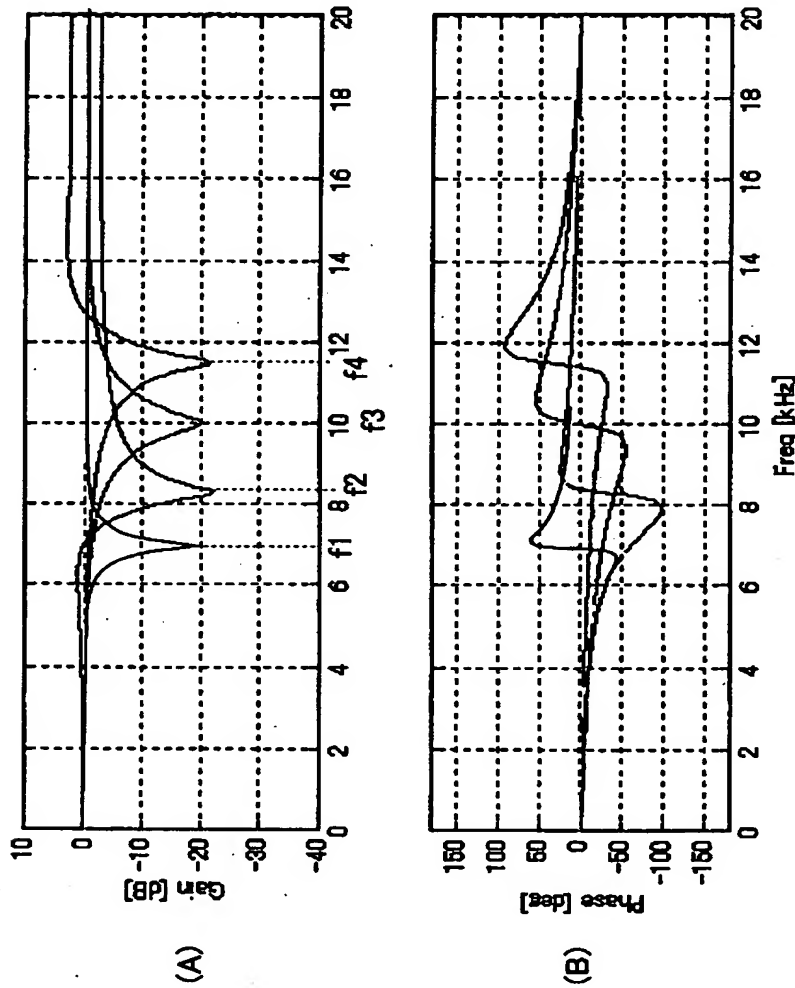
【図 12】

$N=0.75$  のときのフィルタ特性図



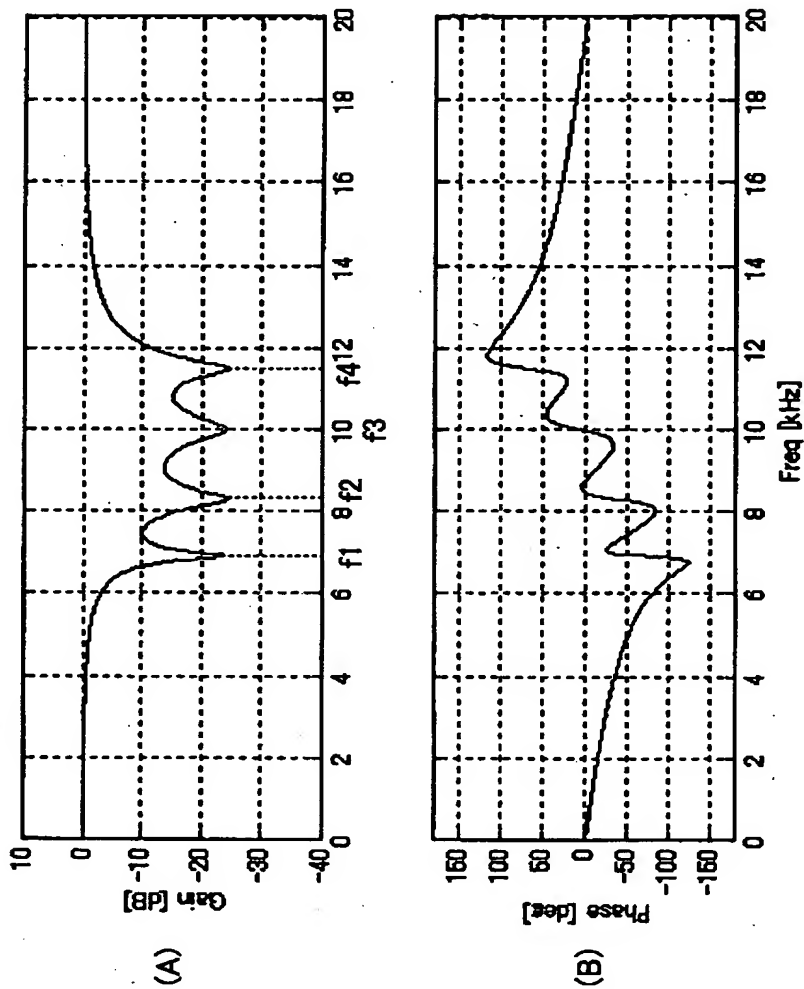
【図13】

第1～第4のノッチフィルタ201～204の  
特性を重ね合わせて表示した図



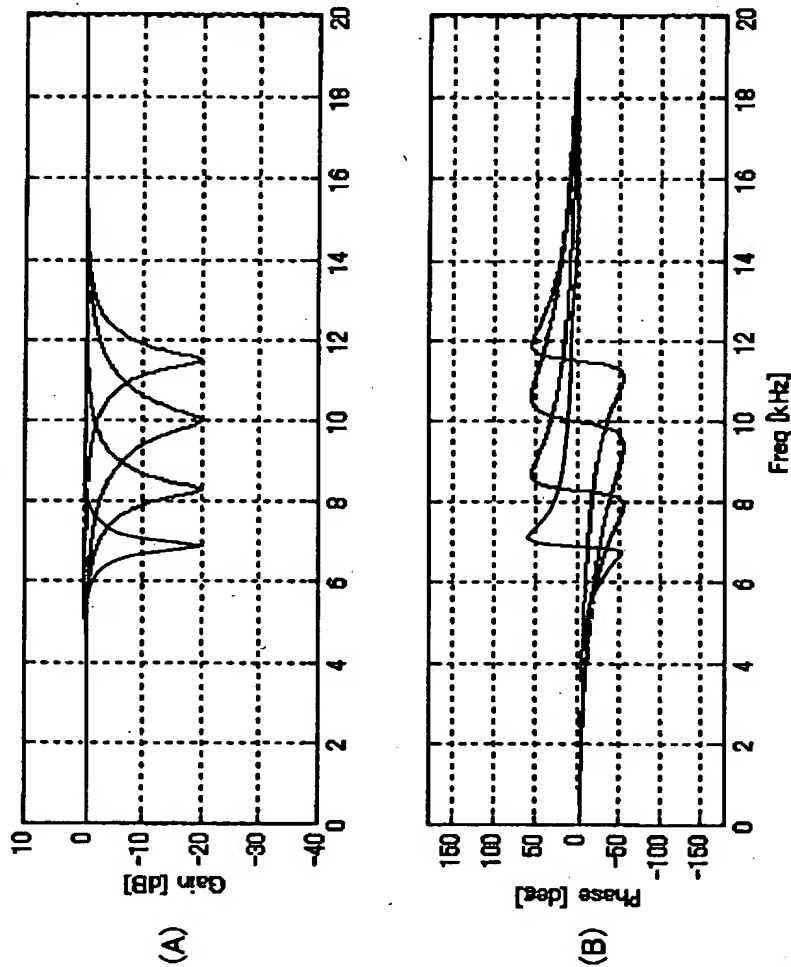
【図14】

第1～第4のノッチフィルタ201～204の特性を合成した特性を表示した図



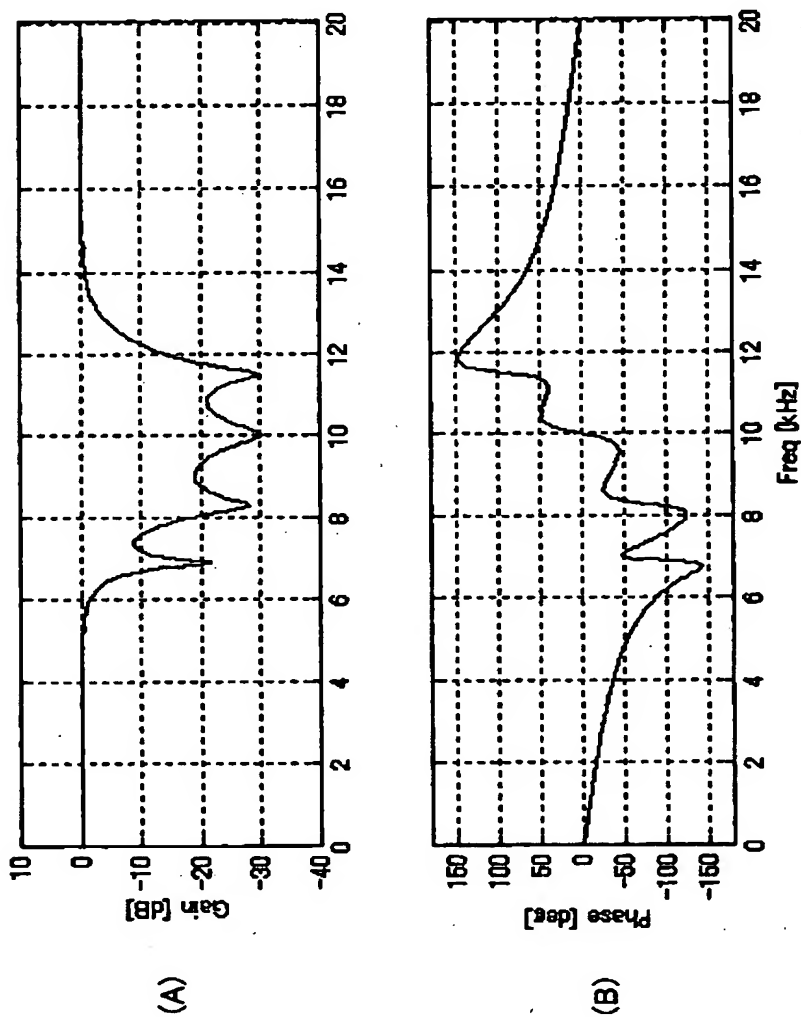
【図 1 5】

通常のノッチフィルタの特性を周波数を異ならせて  
合成したときの特性を説明するための図



【図16】

通常のノッチフィルタの特性を周波数を異ならせて  
合成したときの特性を説明するための図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 機構部により駆動されて情報の記録及び／又は再生を行う情報記録及び／又は再生装置の機構部の共振周波数を測定するための情報記録及び／又は再生装置の共振周波数測定方法、及び、情報記録及び／又は再生装置、並びに、フィルタに関し、簡単な処理で共振周波数を測定することができる共振周波数測定方法、及び、情報記録及び／又は再生装置、並びに、共振周波数がずれた場合でも対応可能なフィルタを提供することを目的とする。

【解決手段】 異なる周波数の正弦波振動を、機構部を駆動して媒体に記録された情報を再生する情報記録及び／又は再生装置の機構に加えて、周波数毎に再生した情報が目標とする位置の情報と異なる回数、すなわち、オフトラック回数を計数し、オフトラック回数が最大となる周波数を共振周波数に決定する。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号  
氏 名 富士通株式会社